

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-006993

(43)Date of publication of application : 10.01.2003

(51)Int.Cl.

G11B 20/10
G11B 7/004
G11B 20/18
H03M 13/29

(21)Application number : 2001-191676

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 25.06.2001

(72)Inventor : ITAKURA AKIHIRO

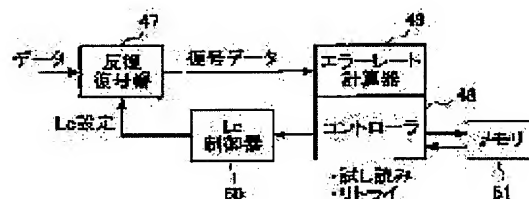
(54) DATA REPRODUCING DEVICE AND DATA RECORDING/REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a data recording/reproducing device capable of reproducing data with a small number of errors in any recording media.

SOLUTION: The data reproducing device for generating decoding data based on a reproducing signal from a recording medium in accordance with a repeated decoding method corresponding to a turbo encoding method is provided with a constant value control means for controlling the value of a communication line constant used in the repeated decoding process when decoding data is generated by the repeated decoding method.

データ記録再生装置におけるリード系の第一の構成例を示すブロック図



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-6993

(P2003-6993A)

(43)公開日 平成15年1月10日(2003.1.10)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード*(参考) |
|--------------------------|-------|---------------|-------------------|
| G 1 1 B 20/10 | 3 4 1 | G 1 1 B 20/10 | 3 4 1 Z 5 D 0 4 4 |
| | 3 0 1 | | 3 0 1 Z 5 D 0 9 0 |
| 7/004 | | 7/004 | Z 5 J 0 6 5 |
| 20/18 | 5 4 2 | 20/18 | 5 4 2 Z |
| | 5 5 2 | | 5 5 2 D |

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-191676(P2001-191676)

(22)出願日 平成13年6月25日(2001.6.25)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 板倉 昭宏

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

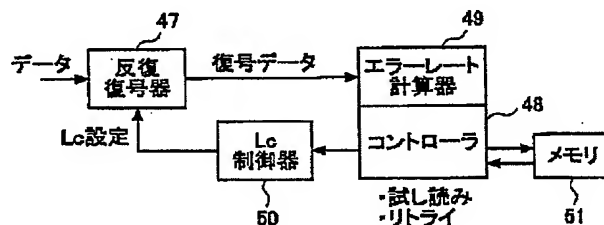
(54)【発明の名称】 データ再生装置及びデータ記録再生装置

(57)【要約】

【課題】本発明の課題は、どのような記録媒体であっても、エラーの少ないデータ再生を行なうことのできるデータ記録再生装置を提供することである。

【解決手段】上記課題は、ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号の手法に従って復号データを生成する際に、その反復復号の生成の過程で使用される通信路値定数の値を制御する定数値制御手段を有するデータ記録再生装置にて解決される。

データ記録再生装置におけるリード系の第一の構成例を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項1】ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号の手法に従って復号データを生成する際に、その反復復号の生成の過程で使用される通信路値定数の値を制御する定数値制御手段を有するデータ記録再生装置。

【請求項2】請求項1記載のデータ再生装置において、上記定数値制御手段は、記録媒体の異なる書き込み手法にてデータの書き込みがなされた各領域からの再生信号を復号する際に、各領域に対して異なる値となるように上記通信路値定数の値を制御するようにしたデータ再生装置。

【請求項3】ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号を復号して復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号にて得られる復号データの誤りの状態を検出する誤り状態検出手段と、該誤り状態検出手段にて検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態か否かを判定する判定手段と、検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態であると上記判定手段にて判定されたときに、上記反復復号を停止させる復号制御手段とを有するデータ再生装置。

【請求項4】ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するリード系とを有するデータ記録再生装置において、ライト系により符号化データが記録された記録媒体からの再生信号に基づいてリード系が反復復号を行なって復号データを生成し、その生成された復号データの誤りの状態に基づいて上記符号化データの記録状態を検証するに際し、復号処理の回数を通常のデータ再生時の反復回数より少ない回数に制御する反復回数制御手段を有するデータ記録再生装置。

【請求項5】ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するリード系とを有するデータ記録再生装置において、上記ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを生成する際に、リード系における反復復号でのデータの検出能力に影響を与える符号化の条件を制御する符号化条件制御手段を有するデータ記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装

置、光ディスク装置等のデータ再生装置及びデータ記録再生装置に係り、詳しくは、ターボ符号化の手法及び、反復復号の手法を用いて記録媒体に対するデータの書き込み及び読出しを行なうデータ記録再生装置、及び上記反復復号の手法を用いて記録媒体からデータの読出しを行なうデータ再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ターボ符号化は、符号化利得の大きな符号化技術であり、通信分野において注目されてきた。ターボ符号化装置は、一般的に、2つの再帰的組織畳み込み符号器を用いてデータビット列 u を符号化するもので、例えば、図1または図2に示すように構成される。

【0003】図1において、このターボ符号化装置は、第一の符号器11、インターリーバ(π 1)12、第二の符号器13及び合成器14を有する。データビット列 u は、第一の符号器11に提供されると共に、インターリーバ(π 1)12を介して第二の符号器13に供給される。

【0004】上記第一の符号器11及び第二の符号器13は、再帰的組織畳み込み符号器であり、第一の符号器11は、入力されるデータビット列 u から対応するパリティビット列 p 1を生成する。また、インターリーバ(π 1)12は、入力されるデータビット列 u のビット配列順序を変えた信号列を出力する。第二の符号器13は、インターリーバ(π 1)12からの信号列から対応するパリティビット列 p 2を生成する。

【0005】合成器(MUX/puncture)14は、上記データビット列 u 、第一の符号器11から出力されるパリティビット列 p 1及び第二の符号器13から出力されるパリティビット列 p 2を所定の規則に従って結合して符号化データビット列 y k を生成する。また、データビット列 u 、パリティビット列 p 1及び p 2の結合に際して、結合器14は、所定の規則に従ってビットを間引いて(puncture機能)符号化率を上げている。上記のようにして生成された符号化データビット列 y k が当該ターボ符号化装置から出力される。通信システムでは、このような符号化データビット列 y k が所定の規則に従って変調され、送信装置から送信される。

【0006】また、図2に示す構成のターボ符号化装置は、2つの再帰的畳み込み符号器(第一の符号器11、第二の符号器13)が直列的に接続された構成となる。この例では、データビット列 u が第一の符号器11にて符号化され、その符号化により得られた信号列のビット配列順序がインターリーバ(π 1)12にて変更される。そして、インターリーバ(π 1)から出力される信号列が第二の符号器13にて符号化され、その符号化により得られた信号列が符号化データビット列 y k として出力される。

【0007】上記のように送信装置から送信された信号が受信装置にて受信されると、その受信装置では、受信

信号が復調され、符号化データビット列 y_k に含まれるデータビット列 u 、パリティビット列 p_1 、 p_2 のそれぞれに対応した信号値列 U 、 Y_1 、 Y_2 が得られる。これらの信号値列 U 、 Y_1 、 Y_2 が上記ターボ符号化装置に対応した復号装置に入力される。

【0008】この復号装置では、上記2つの符号器に対応した2つの復号器で軟出力復号がなされ、一方の復号器から得られる各情報ビットに関する軟出力情報（尤度情報）が他方の復号器の事前情報として与えられる。そして、そのような動作が反復して行なわれる。例えば、図1に示すターボ符号化装置から出力される符号化データビット列 y_k に含まれた各ビット列 u 、 p_1 、 p_2 に対応する復調信号列 U 、 Y_1 、 Y_2 を処理するための復号装置は、例えば、図3に示すように構成される。

【0009】図3において、この復号装置は、第一の軟入力軟出力復号器（SISO: Soft InSoft Out）21、イ

$$L(u^*) = L(u_k | Y) = \ln \{ P(u_k = 1 | Y) / P(u_k = 0 | Y) \} \quad \dots (1)$$

を計算する。上記式において、信号値列 Y は、受信信号値列 U 及び Y_1 である。

【0011】上記ビット u_k が1である確率 $P(u_k = 1 | Y)$ 及びビット u_k が0である確率 $P(u_k = 0 | Y)$

$$L(u^*) = L_c \cdot y_k + L(u_k) + L_e(u_k) \quad \dots (2)$$

$L_c \cdot y_k$: 通信路値（ L_c : S/N により決まる定数（通信路値定数）、 y_k : 受信信号系列 y_0, y_1, \dots, y_n ）

$L(u_k)$: $u_k = 1$ 、 $u_k = 0$ に関する既知の出現確率となる事前情報

$L_e(u_k)$: 符号の拘束から u_k に関して得られる外部

$$L_e(u_k) = L(u^*) - L_c \cdot y_k - L(u_k) \quad \dots (3)$$

この式(3)に上述したように演算された(式(1)参照)対数尤度比 $L(u^*)$ を代入することにより、外部尤度情報 $L_e(u_k)$ を得る。このようにして順次得られた外部尤度情報 $L_e(u_k)$ の列は、インターリーバ(π_1)23を介して第二の軟入力軟出力復号器24に事前情報 $L(u_k)$ の列として供給される。この第二の軟入力軟出力復号器24には、上記事前情報 $L(u_k)$ の列のほか、当該復号装置に入力された信号値列 U がインターリーバ(π_1)22を介して供給されると共に信号値列 Y_2 が供給される。

【0015】第二の軟入力軟出力復号器24は、上記式(1)に基づくと共に入力される事前情報 $L(u_k)$ を加味して新たな対数尤度比 $L(u^*)$ を計算する。そして、その得られた対数尤度比 $L(u^*)$ 、及び第一の軟入力軟出力復号器21から供給される事前情報 $L(u_k)$ を用いて上記式(3)に従って外部尤度情報 $L_e(u_k)$ を算出する。

【0016】このように第二の軟入力軟出力復号器24にて得られた外部尤度情報 $L_e(u_k)$ は、デインターリーバ(π_1^{-1})25を介して第一の軟入力軟出力復号器21に事前情報 $L(u_k)$ として供給される。そして、

インターリーバ(π_1)22、23、デインターリーバ(π_1^{-1})23、第二の軟入力軟出力復号器(SISO)24、及び硬判定器26を有している。第一の軟入力軟出力復号器21は上記第一の符号器11に対応し、第二の軟入力軟出力復号器24は上記第二の符号器13に対応する。

【0010】第一の軟入力軟出力復号器21は、受信信号値列 U 、 Y_1 を入力すると共に第二の軟入力軟出力復号器24からの事前情報 $L(u)$ を入力し、各ビットの事後確率を推定するための最大事後確率(MAP: Maximum a posteriori Probability)復号を行なう。この事後確率とは、信号値列 $Y(y_0, y_1, \dots, y_k, \dots, y_n)$ を検出した条件のもと、ビット u_k が0であるかまたは1であるかの確率である。MAP復号では、この事後確率 $P(u_k | Y)$ の対数比である対数尤度比(LLR: Long-likelihood Ratio) $L(u^*)$

は、信号値列 U 、 Y_1 から得られる状態遷移を表すトレリス線図に基づいて計算される。

【0012】一方、上記対数尤度比 $L(u^*)$ は、

尤度情報のように表現される。

【0013】上記式(2)から、第一の軟入力軟出力復号器21は、外部尤度情報 $L_e(u_k)$ を次式に従って計算する。

【0014】

第一の軟入力軟出力復号器21は、その事前情報 $L(u_k)$ を加味して上述した手順に従って対数尤度比 $L(u^*)$ 及び外部尤度情報 $L_e(u_k)$ を算出する。そして、その外部尤度情報 $L_e(u_k)$ が第二の軟入力軟出力復号器24の事前情報 $L(u_k)$ として供給される。

【0017】上記のようにして、第一の軟入力軟出力復号器21と第二の軟入力軟出力復号器24は、他方の復号器にて算出される外部尤度情報 $L_e(u_k)$ を事前情報 $L(u_k)$ として用いて対数尤度比 $L(u^*)$ を演算する処理を繰り返し行なう（反復復号）。なお、第一の軟入力軟出力復号器21の初回の処理では、事前情報 $L(u_k)$ は、ゼロ($L(u_k) = 0$)となる。

【0018】硬判定器26は、上記復号処理が所定回数反復された際に第二の軟入力軟出力復号器24にて得られた対数尤度比 $L(u^*)$ に基づいてビット u_k がゼロ及び1のいずれかであるかを判定する。例えば、その対数尤度比 $L(u^*)$ が正($L(u^*) > 0$)であれば、ビット u_k が1($u_k = 1$)であると判定し、負($L(u^*) < 0$)であれば、ビット u_k が0($u_k = 0$)であると判定する。そして、その判定結果が、復号結果 y_k として出力される。

【0019】上記のような復号処理を繰り返す（反復復号）過程で、徐々にビット u_k の本来取り得るべき値（1または0）となる確率が高くなると共にそうでない値の確率が低くなり（ビット u_k の1となる確率と0となる確率の差が大きくなり）、硬判定器26での判定の信頼性が増すようになる。

【0020】上記のような通信システムに適用されるターボ符号・復号の手法を磁気ディスク装置や光ディスク装置等のデータ記録再生装置に適用することが検討されている。ターボ符号・復号の手法を磁気ディスク装置に適用した例が、例えば、「W. E. Ryan, "Performance of High Rate Turbo Codes on a PR4-Equalized Magnetic Recording Channel," Proc. IEEE Int. Conf. On Communications, pp947-951, 1998」に提案されている。

【0021】このようなデータ記録再生装置では、データを記録媒体に書込む記録系（書込み系）に上記ターボ符号化の手法が用いられ、記録媒体からデータを再生する再生系（読出し系）に上記反復復号の手法が用いられる。このような手法を適用することにより、記録媒体（磁気ディスク、光ディスク（光磁気ディスクを含む）など）に高密度に記録されたデータを誤り少なく再生することが可能となる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】磁気ディスク装置や光ディスク装置等のデータ記録再生装置では、可換性の記録媒体が用いられる。このため、1つの記録媒体に対してあるデータ記録再生装置が適用したデータ復号の条件（通信路値定数 L_c 、反復回数など）が、その記録媒体からデータの再生を行なう他のデータ記録再生装置において最適な条件になるとは限らない。また、1つの記録媒体に対して適用したデータ復号の条件が他の記録媒体に対して最適な条件になるとも限らない。

【0023】更に、1つの記録媒体の異なる領域に対してそれぞれ異なる記録方式でデータ記録がなされた場合（異なる検出方式でデータの検出がなされる場合）、各領域に記録されたデータに対する最適な復号の条件が一定であるとは限らない。

【0024】また、更に、特性の劣化した記録媒体に、通常の記録媒体にデータの書込みを行なうための符号化の条件にて、データの書込みがなされた場合、その記録媒体からの再生信号に基づいて反復復号を行なっても、正確なデータの再生を行なうことができない。

【0025】そこで、本発明の課題は、どのような記録媒体であっても、エラーの少ないデータ再生を行なうことのできるデータ再生装置及びデータ記録再生装置を提供することである。

【0026】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、請求項1に記載されるように、ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体

からの再生信号に基づいて復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号の手法に従って復号データを生成する際に、その反復復号の過程で使用される通信路値定数の値を制御する定数値制御手段を有するように構成される。

【0027】このようなデータ再生装置では、反復復号の過程で使用される通信路値定数の値が制御される。

【0028】これにより、記録媒体から誤りの少ない復号データが得られるようにその反復復号の過程で使用される通信路値定数の値を設定することができるようになる。

【0029】上記定数値制御手段による通信路値定数の値の制御は、反復復号が行なわれるどのような場合であっても実施することができる。例えば、記録媒体に記録されたデータの試し読み動作時であっても、誤りが少ない復号データが得られなかった際になされるリトライ動作時であってもよい。

【0030】また、反復復号にて得られる復号データの誤り状態（例えば、エラーレート）を検出する手段を設け、上記定数値制御手段は、その検出手段での検出結果に基づいて上記通信路値定数の値を制御することができる。

【0031】符号化されたデータの書き込み手法の違いにより、反復復号にて得られる復号データの精度が異なる。このように1つの記録媒体に異なる書き込み方式に従ってデータの書込みのなされた領域が存在する場合であっても、安定した復号データを得ることができるという観点から、本発明は、請求項2に記載されるように、上記データ再生装置において、上記定数値制御手段は、記録媒体の異なる書き込み手法にてデータの書込みがなされた各領域からの再生信号を復号する際に、各領域に対して異なる値となるように上記通信路値定数の値を制御するように構成することができる。

【0032】上記課題を解決するため、本発明は、請求項3に記載されるように、ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号を復号して復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号にて得られる復号データの誤りの状態を検出する誤り状態検出手段と、該誤り状態検出手段にて検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態か否かを判定する判定手段と、検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態であると上記判定手段にて判定されたときに、上記反復復号を停止させる復号制御手段とを有するように構成される。

【0033】このようなデータ再生装置では、復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態となるまで反復復号が行なわれる。従って、どのような記録媒体からデータの再生を行なう場合であっても、常に、所定の符号訂正手法に従って訂正可能な誤り

状態より良好な状態の復号データが得られる。

【0034】また、復号処理も、復号データの誤りが完全になくなるまで反復させる必要はなく、データの転送速度を必要以上に低下させないで済む。

【0035】上記所定の符号訂正手法は、特に限定されず、例えば、誤り訂正符号（ECC）の手法を採用することができる。

【0036】更に、上記課題を解決するため、本発明は、請求項4に記載されるように、ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するリード系とを有するデータ記録再生装置において、ライト系により符号化データが記録された記録媒体からの再生信号に基づいてリード系が反復復号を行なって復号データを生成し、その生成された復号データの誤りの状態に基づいて上記符号化データの記録状態を検証するに際し、復号処理の回数を通常のデータ再生時の反復回数より少ない回数に制御する反復回数制御手段を有するように構成することができる。

【0037】このようなデータ記録再生装置では、復号データの誤りの状態に基づいて符号化データの記録状態を検証する際に、その復号処理の反復回数を通常のデータ再生時の反復回数より減らした条件にて反復復号を行なう。これは、通常のデータ再生時の復号条件より、正常なデータが再生し難い復号条件となる。このような正常なデータが再生し難い復号条件にて上記検証を行なって、正常にデータ再生可能な記録状態であると判定された記録媒体は、他の装置にて正常にデータ再生が可能となるための復号条件のマージンが大きくなる。また、そのように検証のなれた種々の記録媒体からより誤りの少ない復号データが生成できる。

【0038】上記復号データの誤りの状態に基づいてなされる符号化データの記録状態を検証は、試験データを記録媒体に書込む試し書き動作時に行なっても、記録媒体のベリファイ動作時に行ってもよい。

【0039】また、更に、上記課題を解決するため、本発明は、請求項5に記載されるように、ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するリード系とを有するデータ記録再生装置において、上記ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを生成する際に、リード系における反復復号でのデータの検出能力に影響を与える符号化の条件を制御する符号化条件制御手段を有するように構成される。

【0040】このようなデータ記録再生装置では、反復復号でのデータの検出能力に影響を与える符号化の条件が制御され、その条件に基づいたターボ符号化の手法に

従って符号化されたデータが記録媒体に記録される。

【0041】従って、特性の優先しなければならない記録媒体に符号化データを記録する場合には、反復復号でのデータの検出能力がより高くなるような符号化の条件にてデータがターボ符号化され、その符号化データが記録媒体に記録される。

【0042】上記符号化の条件は、反復復号でのデータの検出能力に影響を与えるものであれば、特に限定されず、例えば、符号化率、符号器の構成（拘束長）、符号器の数などをその符号化の条件として制御することができる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0044】本発明の実施の一形態に係るデータ記録再生装置は、図4に示すように構成される。このデータ記録再生装置は、光磁気ディスク（MO）を記録媒体とした光ディスク装置である。

【0045】図4において、このデータ記録再生装置のライト系は、符号器31、結合器32、インターリーバ（ π ）33及びLD駆動回路34を有する。また、このデータ記録再生装置は、記録再生機構100を有する。この記録再生機構100は、光ビーム出力ユニット（例えば、レーザダイオード（LD））、光検出器（例えば、フォトダイオード）を備えた光学ヘッド（図示略）、記録媒体となる光磁気ディスク110及びこの光磁気ディスク110を所定速度にて回転させるディスク駆動装置120を有する。

【0046】符号器31は、記録すべきユーザデータ u_k に対応したパリティビット列 p_k を生成する。結合器32は、ユーザデータ u_k と符号器31にて生成されたパリティビット列 p_k を所定の規則に従って結合し、その結合にて得られたビット列から所定の規則に従ってビットを間引いて（puncture機能）、符号化データビット列 a_i を生成する。インターリーバ（ π ）33は、結合器32からの符号化データビット列 a_i の配列を変えて符号化データビット列 c_i を生成する。

【0047】LD駆動回路34は、符号化データビット列 c_i に基づいて記録再生機構100の光ビーム出力ユニットの駆動制御を行う。この符号化データビット列 c_i に基づいて駆動制御される光ビーム出力ユニットからの光ビームにより、光磁気ディスク110に信号の書込みが行なわれる。

【0048】上記光磁気ディスク110への信号書込みは、その再生信号に波形干渉が発生するように高密度になされる。

【0049】一方、このデータ記録再生装置のリード系は、アンプ41、AGC（Auto gain controller）42、ローパスフィルタ43、等化器44及びアナログ・デジタル変換器（以下、A/Dという）45を有してい

る。上記記録再生機構100の光検出器から出力されるMO再生信号は、アンプ41、AGC42、ローパスフィルタ43及び等化器44によって波形整形されるが、この波形はPR波形（パーシャルレスポンス波形）とみなすことができる。即ち、光磁気ディスク110からの再生信号は、実質的にPRチャネルでの符号化がなされた状態となる。従って、上記ライト系（符号器31）とそのPRチャネルでの実質的な符号化機能により、図2に示すようなターボ符号化装置の構成が実現される。

【0050】また、このリード系は、メモリユニット46、反復復号器47及びコントローラを有している。上記のように波形等化後の信号は、A/D45によって所定期間にてデジタル値に変換され、このA/D45から順次出力されるサンプリング値 y_i は、メモリユニット46に格納される。そして、そのメモリユニット46に格納されたサンプリング値 y_i が反復復号器47にて復号（ターボ復号）される。コントローラ48は、反復復号器47での復号条件を制御すると共に、反復復号器47から出力される復号データを再生データとして取得す

$$L(c_i^*) = \ln \{ P(c_i = 1 | Y) / P(c_i = 0 | Y) \} \quad \dots (4)$$

上記各確率は、サンプリング値 y_i の状態遷移を表すトレリス線図に基づいて計算される。このとき通信路値定数 L_c が用いられる。

【0055】PRチャネル復号器471が出力した尤度情報 $L(c_i^*)$ から後述するようなコード復号器474からの出力に基づいた事前情報 $L_a(c_i)$ が減算器478にて減算されて外部尤度情報 $L_e(c)$ が得られる。

【0056】このようにして順次得られる外部尤度情報 $L_e(c)$ の列は、デインターリーバ (π^{-1}) 472にて配列順序が変えられて分解器473に供給される。分解器473は、順次入力される尤度情報の列をデータビット u_k に対応した尤度情報 $L(u_k)$ の列とパリティビット p_k に対応した尤度情報 $L(p_k)$ の列に分解する。また、その分解の際に、符号化処理での間引き（結合器32のpuncture機能）の規則に対応した規則に従って情報の追加を行なう（depuncture機能）。

【0057】コード復号器474は、前述したライト系の符号器31に対応した復号器であり、事後確率復号（APP）を行なう。具体的には、上記のようにデータビットに関する尤度情報である事前情報 $L(u_k)$ 及びパリティビットに関する尤度情報である事前情報 $L(p_k)$ に基づいてデータビットに関する事後確率（ $u_k=1$ となる確率、 $u_k=0$ となる確率）で表される対数尤度比 $L(u^*)$ 及びパリティビットに関する事後確率（ $p_k=1$ となる確率、 $p_k=0$ となる確率）で表される対数尤度比 $L(p^*)$ を計算する。

【0058】上記コード復号器474から順次出力される対数尤度比 $L(u^*)$ の列及び対数尤度比 $L(p^*)$ の列は、結合器475に供給される。この結合器475は、各対数尤度比 $L(u^*)$ の列と $L(p^*)$ の列とを結

る。

【0051】上記反復復号器47は、前述したように、リード系における符号器31とPRチャネルでの符号化機能に対応した復号器を有するものであり、例えば、図5に示すように構成される。

【0052】図5において、この反復復号器47は、PRチャネル復号器471、デインターリーバ (π^{-1}) 472、分解器473、コード復号器474、結合器475、インターリーバ (π) 476及び硬判定器477を有している。

【0053】PRチャネル復号器471は、前述したPRチャネルでの符号化機能に対応した復号器であり、事後確率復号（APP: a posteriori probability decoding）を行なう（図3の復号装置参照）。具体的には、入力されるサンプリング値 $Y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ が検出された条件のもとで、ビット c_i が1になる確率 $P(c_i=1|Y)$ とそれが0になる確率 $P(c_i=0|Y)$ との比となる対数尤度比 $L(c_i^*)$ が演算される。

【0054】

合し、所定の規則に従ってその情報の間引きを行なう（puncture機能）。その結果、結合器475から尤度情報 $L(c^*)$ が出力される。

【0059】コード復号器474では、通信路値 $L_c \cdot y_i$ は、考慮しなくてもよいので、上記対数尤度情報 $L(u^*)$ と $L(p^*)$ とを結合して得られる上記尤度情報 $L(c^*)$ は、

$$L(c^*) = L_e(c) + L_a(c) \quad \dots (5)$$

$L_e(c)$: 事前情報

$L_a(c)$: 外部尤度情報

と表現できる。

【0060】そして、上記コード復号器473に供給される事前情報 $L_e(c)$ （ $L(u_k)$ と $L(p_k)$ への分解前）が減算器479により上記尤度情報 $L(c^*)$ から減算される。その結果、外部尤度情報 $L_a(c_i)$ が得られる。

【0061】この外部尤度情報 $L_a(c_i)$ は、インターリーバ (π) 476を介して、上記PR復号器471と減算器478に事前情報 $L_a(c_i)$ として供給される。

【0062】上記のようにPRチャネル復号器471とコード復号器474を有する反復復号器47は、他方の復号器から供給される事前情報を用いて繰り返し復号処理を行なう（反復復号）。

【0063】そして、硬判定器477は、上記反復復号の処理が所定の回数行なわれた際にコード復号器474から出力されるデータビット u_k に関する対数尤度比 $L(u^*)$ に基づいてデータビット u_k が1及び0のいずれであるかを判定する。この判定は、従来技術で説明した通信システムにおける反復復号の場合と同様に、上記対数尤度比 $L(u^*)$ が正（ $L(u^*) > 0$ ）の場合に、デ

ータビット $U_k=1$ 、上記対数尤度比 $L(u^*)$ が負($L(u^*) < 0$)の場合に、データビット $U_k=0$ との判定を行なう。この判定結果が復号データとして出力される。

【0064】上述したような構成となるデータ記録再生装置において、光磁気ディスク110は可換性媒体であるので、ある光磁気ディスクからデータの再生を行なう場合の復号処理での条件は、他の光磁気ディスクからデータの再生を行なう場合に最適な条件となるとは限らない。また、同じ光磁気ディスクからデータの再生を行なう場合でも、データ記録再生装置間の性能差により、各データ記録再生装置における復号処理での最適な条件が異なる。

【0065】そこで、光磁気ディスク110からデータの再生を行なう前に、データの試し読みを行なって、上記反復復号器47のPRチャネル復号器471にて用いられる最適な通信路値定数 L_c (式(6)参照)を決定する。このような処理を実現するため、リード系には、上記反復復号器47とコントローラ48と共に、例えば、図6に示すようなエラーレート計算器49、 L_c 制御器50及びメモリ51が設けられる。

【0066】図6において、エラーレート計算器49は、反復復号器47から出力される復号データのエラーレートを計算する。コントローラ48は、通信路値定数 L_c の設定制御信号を L_c 制御器50に供給する。 L_c 制御器50は、コントローラからの設定制御信号に基づいて通信路値定数 L_c を設定する。この L_c 制御器50にて設定された通信路値定数 L_c は、反復復号器47のPRチャネル復号器471(図5参照)に供給される。

【0067】上記コントローラ48は、試し読みの動作において、例えば、図7に示す手順に従って最適な通信路値定数 L_c を設定するための設定制御信号を生成する。なお、コントローラ48は、ライト系の制御も行なう。

【0068】図7において、コントローラ48は、ライト系を動作させてデータを光磁気ディスク110に書込むための制御を行う(S1)。データが光磁気ディスク110に書込まれた後、コントローラ48は、ある通信路値定数 L_c を設定するための設定制御信号を L_c 制御器50に供給する(S2)。

【0069】この設定制御信号に基づいて L_c 制御器50が通信路値定数 L_c を設定すると、リード系が制御され、上記光磁気ディスク110に書込まれたデータの読み出しが行なわれる。そして、反復復号器47は、そのデータの読出しにより得られた再生信号のサンプリング値を入力し、前述した手順に従った反復復号の処理を行なう。その反復復号の過程で、PRチャネル復号器471は、上記 L_c 制御器50にて設定された通信路値定数 L_c を用いる(上記式(6)参照)。

【0070】その反復復号により得られた復号データに

ついでのエラーレートをエラーレート計算器49が計算すると、コントローラ48は、上記設定した通信路値定数 L_c とそのエラーレートとの対応関係をメモリ51内のテーブルに記録する(S3)。そして、コントローラ48は、上記処理(S2、S3)の回数が所定回数に達したか否かを判定する(S4)。その処理の回数が所定回数に達していなければ、コントローラ48は、通信路値定数 L_c を順次変更するように設定制御信号を出力し、上記処理(S2、S3)が繰り返し実行される。その過程で順次設定された通信路値定数 L_c とその通信路値定数を用いた復号処理にて得られた復号データのエラーレートとの対応関係がメモリ51内に順次記録される。

【0071】上記処理の回数が所定回数に達すると、コントローラ48は、その時点でメモリ51内のテーブルに記録されているエラーレートのうち最小のエラーレートを特定し(S5)、その最小エラーレートに対応した通信路値定数 L_c を最適な通信路値定数 L_c として決定する(S6)。

【0072】上記のようにして最適な通信路値定数 L_c が決定されると、試し読みの処理が終了される。以後、データの再生において、コントローラ48は、上記最適な通信路値 L_c が設定されるように設定制御信号を L_c 制御器50に供給する。その結果、データ再生処理において、反復復号器47のPRチャネル復号器471は、試し読みでエラーレートが最小となった通信路値定数 L_c を用いて復号処理を行うことになり、反復復号器47からは誤りの少ない復号データが出力されることになる。

【0073】上記試し読みの処理は、光磁気ディスク110が当該データ記録再生装置に挿入される毎、あるいは、一定時間毎に行なわれる。

【0074】データ記録再生装置では、既に記録されたデータを再生するときにエラーが多発すると、データの再読み出しを行なうリトライ動作を行なう。このリトライ動作においても、図6に示す仕組みによって、より適した通信路値定数 L_c の設定が可能である。

【0075】コントローラ48は、データを再生するときに、エラーレート計算器49にて計算されるエラーレートが所定値以上になると、ライト系に対してリトライ動作の制御を行う。そして、そのリトライ動作時に、コントローラ48は、通信路値定数 L_c を変更するようにその設定制御信号を L_c 制御器50に供給する。その設定制御信号に基づいて L_c 制御器50にて設定された通信路値定数 L_c を用いて反復復号器47(PRチャネル復号器471)が復号処理を行なう。

【0076】そして、その復号処理にて得られた復号データについてエラーレート計算器49により計算されたエラーレートが上記所定値より小さくなると、以後、データの再生処理において、反復復号器47(PRチャネル復号器471)は、上記設定された通信路値定数 L_c

を用いて復号処理を行なう。一方、リトライ動作により得られた復号データのエラーレートが上記所定値より小さくならない場合には、更に、上記通信路値定数 L_c が変更されて、再度リトライ動作が行なわれる。このように、リトライ動作は、所定回数の範囲内において、上記通信路値定数 L_c を変更しながら、復号データのエラーレートが上記所定値より小さくなるまで繰り返し行なわれる。

【0077】光磁気ディスク110では、プリピットで情報の記録がなされたID領域とデータ記録領域とが存在する。このID領域の情報は、光の反射光量の差によって検出され、データ領域の情報は、カー回転各の極性の差によって検出される。このように、ID領域の情報の検出手法と、データ領域の情報と検出手法の相違により、それぞれの領域から検出される信号の品質、即ち、 S/N が異なる場合がある。そこで、上記ID領域の再生時と、上記データ領域の再生時で、通信路値定数 L_c を切替えるようにしてもよい。この場合、データ記録再生装置のリード系は、例えば、図8に示すように構成される。

【0078】図8において、光学ヘッドによりID領域から得られた再生信号（以下、ID信号という）と、データ領域から得られた再生信号（以下、MO信号という）とが、それぞれアンプ41（1）、41（2）を介して選択回路52に供給される。この選択回路52は、コントローラ48からのID/MO切換え制御信号により、ID信号とMO信号のいずれかを選択して後段のAGC42に供給する。

【0079】このAGC42にて処理された再生信号（ID信号またはMO信号）は、ローパスフィルタ43及び等化器44にて波形整形され、その波形整形された再生信号がA/D45にてサンプリングされる。そのサンプリング値がメモリユニット46に格納される。反復復号器47（図5参照）は、メモリユニット46に格納されたサンプリング値を反復復号を行なって復号データを生成する。

【0080】コントローラ48は、上記ID/MO切換え制御信号に同期して、通信路値定数 L_c の切換え制御信号を反復復号器47に出力する。これにより、リード系が光磁気ディスク110のID領域の読取りを行なう際、コントローラ48は、ID信号を選択するためのID/MO切換え制御信号を選択回路52に出力すると共に、ID領域のデータ検出方式に適した通信路値定数 L_c を設定するための L_c 切換え制御信号を反復復号器47に出力する。一方、リード系が光磁気ディスク110のデータ領域の読取りを行なう際、コントローラ48は、MO信号を選択するためのID/MO切換え制御信号を選択回路52に出力すると共に、データ領域のデータ検出方式に適した通信路値定数 L_c を設定するための L_c 切換え制御信号を反復復号器47に出力する。

【0081】その結果、ID信号のサンプリング値に基づいて反復復号器47（PRチャネル復号器471）が復号を行なう際に、そのID領域のデータ検出方式に適した通信路値定数 L_c が用いられる。また、MO信号のサンプリング値に基づいて反復復号器47（PRチャネル復号器471）が復号を行なう際に、そのデータ領域のデータ検出方式に適した通信路値定数 L_c が用いられる。

【0082】これにより、光磁気ディスク110のID領域からデータ再生を行なう場合、データ領域からデータ再生を行なう場合の双方において、より誤りの少ない復号データを得ることができる。

【0083】上記ID領域のデータ再生時に用いられる通信路値定数と、データ領域のデータ再生時に用いられる通信路値定数は、例えば、予め実験的に定められる。そして、それら二種類の通信路値定数が反復復号器47のPRチャネル復号器471に予め切換え使用できる状態で保存されている。

【0084】また、このPRチャネル復号器471に保存される各通信路値定数は、前述した試し読み処理、リトライ処理にて最適なものに更新することも可能である。

【0085】データ記録再生装置では、環境温度、パワー変動あるいは媒体欠陥などの要因により正確な記録ができない可能性がある。これに対処するために、通常、記録されたデータを読み出してその記録状態を検査することが行なわれる。この検査のための動作をベリファイ動作という。

【0086】このベリファイ動作では、反復復号器47において通常のデータ再生時と同じ条件で復号処理を行なうと、そのデータ検出能力が高いため、自装置にてデータ記録を行なった媒体から自装置にてデータの再生を行なう場合には、正常なデータ再生が可能な記録状態である判定されたとしても、そのデータ記録のなされた媒体を他の装置にて再生を行う場合には、必ずしも再生可能な記録状態と判定されるとは限らない。あるいは、当該他の装置において正常なデータの再生を行なうために必要な復号処理の反復回数が増大する可能性がある。

【0087】そこで、ベリファイ動作では、その復号処理の反復回数を通常のデータ再生時の反復回数より減らした条件にて反復復号を行なう。これは、通常のデータ再生時の復号条件より、正常なデータが再生し難い復号条件となる。このような正常なデータが再生し難い復号条件にてベリファイ動作を行なって、正常にデータ再生可能な記録状態であると判定された記録媒体は、他の装置にて正常にデータ再生が可能となるための復号条件のマージンが大きくなる。

【0088】このようなベリファイ動作を実現するため、データ記録再生装置のリード系には、例えば、図9に示すように、反復復号器47及びコントローラ48と共に反復回数制御器53が設けられる。

【0089】このようなデータ記録再生装置では、ペリファイ動作において、コントローラ48は、通常のデータ再生時における復号処理の反復回数より少ない反復回数（1回であってもよい）を設定するための回数設定制御信号を反復回数設定器53に供給する。反復回数設定器53は、その回数設定制御信号に基づいて反復復号器47での復号処理の反復回数を設定する。反復復号器47は、ペリファイ動作において、その設定された反復回数の復号処理を行ない、その結果得られた復号データを出力する。

【0090】そして、その出力された復号データのエラーレートなどから記録媒体（光磁気ディスク110）におけるデータの記録状態の適否が判定される。

【0091】また、データ記録再生装置では、最適な記録マークの形成を実現するために、試し書きの動作が行なわれる。これは、環境温度の変化、記録媒体の感度の違いなどによる最適な記録条件の変動を補償するためになされる。この試し書きの動作は、記録媒体が当該データ記録再生装置に挿入された際、及び一定時間毎に行われる。

【0092】この試し書き動作では、上述したペリファイ動作と同様に、記録媒体に試し書きされた試験データを再生する際に、反復復号器47において通常のデータ再生時と同じ条件で復号処理を行なうと、自装置にてデータ記録を行なった媒体から自装置にてデータを再生する場合には、正常なデータ再生が可能な記録状態であると判定されたとしても、そのような記録状態が得られる書き込み条件にてデータ記録のなされた媒体を他の装置にて再生する場合には、必ずしも正常にデータの再生を行なうことができるとは限らない。あるいは、当該他の装置にて正常なデータの再生を行なうために必要な復号処理の反復回数が増大する可能性がある。

【0093】そこで、試し書き動作では、上記ペリファイ動作と同様に、その復号処理の反復回数を通常のデータ再生時の反復回数より減らし、正常なデータが再生し難い復号条件にて反復復号を行なう。このような正常なデータが再生し難い復号条件にて試し書きされたデータの検証を行なって、最適なデータの書き込み条件が決定される。そして、このように決定された書き込み条件にてデータ記録のなされた記録媒体は、他の装置にて正常にデータ再生が可能となる復号条件のマージンが大きくなる。

【0094】前述したペリファイ動作を実現する構成と同様の構成（図9参照）となるリード系にて上記のような試し書き動作における処理が可能となる。

【0095】即ち、試し書き動作において、コントローラ48からの回数設定制御信号により反復回数制御器53が通常のデータ再生時における復号処理の反復回数より少ない反復回数（1回であってもよい）を設定する。そして、反復復号器47は、試し書き動作において、記

録媒体に書込まれた試験データを再生する際に、その設定された反復回数の復号処理を行ない、その結果得られた復号データを出力する。

【0096】そして、その出力された復号データのエラーレートなどから記録媒体（光磁気ディスク110）に対するデータの書き込み条件の検証がなされる。

【0097】更に、上記反復復号器47における反復復号処理では、符号化率（パリティビットの数）によって、そのデータの検出能力が変化する。符号化率を下げ（パリティビットの数を増やして）冗長度を上げれば、データの検出能力は向上し、逆に、符号化率を上げて（パリティビットの数を減らして）冗長度を下げれば、データの検出能力が下がる。しかし、冗長度が上がれば、記録密度の低下を招いてしまう。そこで、実際には、その冗長度と記録密度のトレードオフによりそれらの最適な条件が決定される。

【0098】ところが、記録媒体の特性は一定ではなく、特性の正常な記録媒体もあれば、特性の劣化した記録媒体も存在する。即ち、データ記録再生装置には、特性の正常な記録媒体がセットされる場合もあれば、特性の劣化した記録媒体がセットされる場合もある。このような状況において、上記データの符号化率（冗長度）を、記録密度とのトレードオフにて固定的に決めると、データ記録再生装置にセットされる記録媒体によっては、その固定的に決められた符号化率にて符号化されたデータを正常に復号できない場合がある。

【0099】そこで、データ記録時における符号化率を変更できるようにする。

【0100】このような符号化率の変更を可能にするため、データ記録再生装置のライト系は、例えば、図10に示すように構成される。

【0101】図10において、このライト系は、符号器31、結合器32、インターリーバ（ π ）33及びLD駆動回路34を有すると共に、インターリーバ（ π ）33とLD駆動回路34との間に設けられた記録データ生成回路35が設けられる。

【0102】コントローラ48は、例えば、前述した試し書き動作でのデータの書き込み条件の検証結果に基づいて、結合器32においてビットを間引くためのパンクチャ（puncture）条件の設定制御信号を結合器32に供給する。試し書き動作において、コントローラ48は、予め定めたパンクチャ条件（デフォルト条件）を設定するための設定制御信号を出力し、そのパンクチャ条件にて試し書き動作が行なわれる。その結果、正常なデータ再生ができなかった場合に、コントローラ48は、ビットの間引き率を下げる（符号化率を下げる）ような設定制御信号を出力する。一方、試し書き動作において、正常なデータ再生ができた場合には、その予め定めたパンクチャ条件を設定するための設定制御信号が維持される。

【0103】このようにしてパンクチャ条件が決定され

ると、コントローラ 48 は、そのパンクチャ条件を特定するための検出パターン信号を記録データ生成回路 35 に供給する。記録データ生成回路 35 は、前述したように、インターリーバ (π) 33 を介して供給される M0 領域に書込むべき符号化ビット列 a_i の先頭に上記検出パターンを付加して LD 駆動回路 34 に供給する。その結果、記録媒体 (光磁気ディスク 110) には、図 11 に示すように、プリピット領域 (ID 領域) の後に続く M0 領域におけるデータ部 (Data) の前に検出パターン (detect pattern) が記録される。

【0104】上記パンクチャ条件の設定の具体例を説明する。

【0105】供給されるユーザデータビット列 u_k が、
 $u_k = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1})$

となり、符号器 31 から出力されるパリティビット列 p_k が、

$p_k = (p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, \dots, p_{N-2}, p_{N-1})$

となる場合、結合器 32 が、次のような符号化ビット列 a_i を生成するとする。

【0106】 $a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1})$

予め定めたパンクチャ条件が、符号化率 $16/17$ に対応するものであれば、結合器 32 はパリティビットの間引きを行なって、上記符号化ビット列 a_i が、

$a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1}) = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \underline{p_{15}}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1})$

となるように、ユーザデータビット 15 個ごとに 1 個のパリティビット (下線部参照) が付加される。

【0107】このようなパンクチャ条件にて試し書きがなされた際に、正常なデータが再生できなかった場合、コントローラ 48 は、符号化率が $8/9$ に下がるように、その符号化率に対応するパンクチャ条件を設定するための設定制御信号を結合器 32 に供給する。その結果、結合器 32 はパリティビットの間引きを行なって、符号化データビット列 a_i が、

$a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1}) = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, \underline{p_7}, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \underline{p_{15}}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1})$

となるように、ユーザデータビット 8 個ごとに 1 個のパリティビット (下線部参照) が付加される。

【0108】上記のように試し書き動作で正常なデータが得られなかった場合に、符号化率を下げるようにパンクチャ条件が制御されるので、よりデータの検出能力の

高い反復復号が行なわれるようになり、誤りのより少ない復号データを得ることができるようになる。

【0109】また、上記のようにデータ書込み時のパンクチャ条件が決定され、そのパンクチャ条件を特定する検出パターンが、図 11 に示すように記録媒体に書込まれると、データの再生時に、コントローラ 48 は、その検出パターンに基づいてそのパンクチャ条件に対応した符号化率が認識でき、反復復号器 47 での復号処理をその符号化率に基づいて制御することができる。

【0110】上記例では、パンクチャ条件の設定及びそのパンクチャ条件を特定する検出パターンの書込みは、試し書き動作の結果に基づいて行なわれたが、それに限定されない。例えば、ユーザによる通常モードまたは特性優先モードなどのモード設定操作に従ってそれらを行なうことも、セットされる媒体の種類を検出し、その検出された媒体の種類に応じてそれらを行なうこともできる。

【0111】反復復号では、符号器の構成によってデータの検出能力が異なる。拘束長の長い符号器を用いるほど、その符号器にて得られた符号化データを反復復号する際のデータの検出能力が高い。ただし、拘束長の長い符号器では、処理が複雑になり、処理時間がかかる。実際には、処理時間及び記録媒体の特性を考慮して、反復復号である程度以上の検出能力が期待できるような拘束長の符号器が用いられる。

【0112】しかし、前述したように、記録媒体の特定は一定ではなく、特性の正常な記録媒体もあれば、特性の劣化した記録媒体も存在する。そこで、データ記録時における符号器の構成を変更できるようにして、どのような記録媒体であっても、反復復号にてより高い検出能力が得られるようにする。

【0113】このような符号器の構成を変更できるようにするため、データ記録再生装置のライト系は、例えば、図 12 に示すように構成される。

【0114】図 12 において、このライト系は、第一の符号器 31 (1)、第二の符号器 31 (2) 及び選択回路 36 を有すると共に、図 10 に示すものと同様に、結合器 32、インターリーバ (π) 33、LD (レーザ) 駆動回路 34 及び記録データ生成回路 35 を有している。上記第一の符号器 31 (1) は、例えば、図 13 に示すように、2 つの遅延素子 311、312 及び 2 つの排他的論理和ゲート 315、316 にて構成される再帰的組織畳み込み符号器であり、拘束長 = 3 での符号化を行なう。上記第二の符号器 31 (2) は、例えば、図 14 に示すように、4 つの遅延素子 311、312、313、314 及び 2 つの排他的論理和ゲート 317、318 にて構成される再帰的組織畳み込み符号器であり、拘束長 = 5 での符号化を行なう。

【0115】コントローラ 48 は、例えば、前述した試し書き動作でのデータの書込み条件の検証に基づいて、

第一の符号器31(1)及び第二の符号器31(2)のいずれかを指定するための符号器条件設定信号を選択回路36に供給する。試し書き動作において、コントローラ48は、例えば、第一の符号器31(1)を選択するための符号器条件設定信号を選択回路36に供給する。選択回路36がこの符号器条件設定信号により第一の符号器31(1)からのパリティビット列を選択した状態で、上述したような試し書き動作が行なわれる。その結果、正常なデータ再生ができなかった場合、コントローラ48は、拘束長の長い第二の符号器31(2)を選択するための符号器条件設定信号を選択回路36に供給する。

【0116】一方、試し書き動作において、正常なデータ再生ができた場合には、その第一の符号器31(1)を選択するための符号器条件設定信号が維持される。

【0117】このようにして第一の符号器31(1)及び第二の符号器31(2)のいずれかが選択されると、コントローラ48は、その選択された符号器を特定するための検出パターン信号を記録データ生成回路35に供給する。記録データ生成回路35は、前述した例(図11参照)と同様に、MO領域に書き込むべき符号化ビット列*a_i*の先頭に上記検出パターンを付加してLD駆動回路34に供給する。その結果、記録媒体(光磁気ディスク110)には、図11に示すように、プリビット領域(ID領域)の後に続くMO領域におけるデータ部(Data)の前に検出パターンが記録される。

【0118】上記のように試し書き動作で正常なデータが得られなかった場合に、拘束長の長い符号器が選択されて符号化処理が行なわれるので、よりデータの検出能力の高い反復復号が行なわれるようになり、誤りのより少ない復号データを得ることが可能となる。

【0119】また、上記のようにデータ書き込み時に用いられた符号器を特定する検出パターンが、図11に示すように記録媒体に書き込まれると、データの再生時に、コントローラ48は、その検出パターンに基づいて使用された、符号器の特性を認識でき、反復復号器47での復号処理をその符号器の特性に基づいて制御することができる。

【0120】上記例では、符号器の選択及びその選択された符号器を特定する検出パターンの書き込みは、試し書き動作の結果に基づいて行なわれたが、それに限定されない。例えば、ユーザによる通常モードまたは特性優先モードなどのモード設定操作に従ってそれらを行なうことも、設定される媒体の種類を検出し、その検出された媒体の種類に応じてそれらを行なうこともできる。

【0121】データ記録再生装置において、反復復号におけるその反復回数が大きくなると、データの検出能力が向上するという点で優れている。しかし、その反復回数が大きくなると、データの転送速度が遅くなってしまう。そこで、その反復回数を適切な回数に設定すること

が重要である。

【0122】そこで、復号処理の反復回数を適正に制御するため、データ記録再生装置のリード系には、例えば、図15に示すように、反復復号器47及びコントローラ48と共にエラーレート計算器49が設けられる。

【0123】このような構成のデータ記録再生装置では、コントローラ48は、データの再生時に、例えば、図16に示す手順に従って処理を行なう。

【0124】図16において、コントローラ48は、データ再生時に反復復号器47での反復復号処理が開始されると、その反復復号器47からの復号データを取得する(S11)。そして、コントローラ48は、その復号データに基づいてエラーレート計算器49にて計算されたエラーレートが所定のレベルより大きいまたは小さいかの判定を行なう(S12)。この所定のレベルは、そのレベルのエラーレートの復号データが誤り訂正符号(ECC)にて救済可能であるか否かに基づいて定められる。即ち、エラーレートが所定レベルより小さければ、その復号データは誤り訂正復号により救済可能であり、そのエラーレートが所定のレベルより大きければ、その復号データは誤り訂正符号により救済ができない。

【0125】上記のようにコントローラ48は、エラーレート計算器49にて計算されるエラーレートが上記所定レベルより大きい場合、更に、反復復号器47での復号処理が反復されるように特に停止信号の送信を行わない。従って、復号データのエラーレートが所定レベルより大きい状態では、反復復号器47は復号処理を反復継続する(S11、S12の繰り返し)。

【0126】このように復号処理が反復される過程で得られる復号データのエラーレートが所定のレベルより小さくなると、コントローラ48は、反復復号停止信号を反復復号器47に供給する(S13)。反復復号器47は、この反復復号停止信号により、反復して行なっていた復号処理を停止する。

【0127】上述したような処理により、反復復号器47は、復号データのエラーレートが誤り訂正符号(ECC)により訂正可能な状態になるまでその復号処理を反復して行なう。即ち、復号処理が終了した時点で得られる復号データは、エラーレートがゼロでなくても、少なくとも誤り訂正符号(ECC)を用いることにより適正なデータに訂正できるようになる。従って、エラーレートがゼロになるまで復号処理を反復するのではなく、より効率的な復号処理が可能となる。

【0128】更に、前述したように、反復復号でのデータの検出能力は、符号器の構成に影響される(図12に示す例参照)。例えば、符号器の数を多くすると、反復復号でのデータの検出能力は増大するが、符号化の処理が複雑になる。そこで、記録媒体の特性などに基づいて最適な符号化率が得られるように符号器の個数を制御することが好ましい。

【0129】このようにデータ記録時における符号器の個数を制御するため、データ記録再生装置のライト系は、例えば、図17に示すように構成される。

【0130】図17において、このライト系は、第一の符号器31(1)、第二の符号器31(2)、インターリーバ(π1)37を有すると共に、図10に示すものと同様に、結合器32、インターリーバ(π2)33、LD(レーザ)駆動回路34及び記録データ生成回路35を有している。第一の符号器31(1)は、ユーザデータ列 u_k を入力し、再帰的組織畳み込み符号化によりその第一のパリティビット列 p_{1k} を生成する。第二の符号器31(2)は、ユーザデータ列 u_k がインターリーバ(π1)37により処理されて得られたビット列を入力し、再帰的組織畳み込み符号化によりその第二のパリティビット列 p_{2k} を生成する。結合器32は、ユーザデータ列 u_k 、第一のパリティビット列 p_{1k} 及び第二のパリティビット列 p_{2k} を所定の規則に従って結合すると共に、後述するようなコントローラ48からの符号化条件設定信号に基づいたパンクチャ条件に従って、ビットの間引きを行なう。

【0131】図10、図12に示す例と同様に、試し書き動作、モード設定操作、記録媒体の種類などに応じて、コントローラ48が符号化条件設定信号を結合器32に供給する。この符号化条件設定信号は、通常、第一の符号器31(1)からの第一のパリティビット列 p_{1k} とユーザデータ列 u_k とを結合して所定の規則に従った間引きを行なうパンクチャ条件を表す。一方、データの検出能力が上がる場合に出力される符号化条件設定信号は、第一の符号器31(1)及び第二の符号器31(2)の双方から出力される第一及び第二のパリティビット列 p_{1k} 、 p_{2k} とユーザデータ列 u_k とを結合して所定の規則に従った間引きを行なうパンクチャ条件を表す。

【0132】これにより、通常の場合、第一の符号器31(1)からの第一のパリティビット列 p_{1k} がユーザビット列 u_k に付加されて符号化ビット列 a_i が生成され、特性を優先させる場合には、第一の符号器31(1)及び第二の符号器31(2)の双方からの第一及び第二のパリティビット列 p_{1k} 、 p_{2k} がユーザビット列 u_k に付加されて符号化ビット列 a_i が生成される。そして、コントローラ48は、図10、図12に示す例と同様に、上記符号化条件設定信号にて特定される符号化条件(符号器の数)を表す検出パターン信号を記録データ生成回路35に供給する。記録データ生成回路35は、M0領域に書込むべき符号化ビット列 a_i の先頭に上記検出パターンを付加してLD駆動回路34に供給する。その結果、図11に示すように、プリピット領域(ID領域)の後に続くM0領域におけるデータ部(Data)の前に検出パターンが記録される。

【0133】これにより、データの復号を行なう際に、

その検出パターンに基づいてどの符号器にて符号化処理がなされたかが認識できるようになる。

【0134】上記符号化条件の設定の具体例を説明する。

【0135】供給されるユーザデータビット列 u_k が、 $u_k = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1})$

となり、符号器31から出力されるパリティビット列 p_k が、

$p_k = (p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, \dots, p_{N-2}, p_{N-1})$

となる場合、結合器32が、次のような符号化ビット列 a_i を生成するとする。

【0136】 $a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1})$

予め定めた符号化条件が第一の符号器31(1)からのパリティビット列 p_{1k} を用いて符号化率8/9に対応するものであれば、結合器32はパリティビットの間引きを行なって、上記符号化ビット列 a_i が、

$a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1}) = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, \underline{p_{1,7}}, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \underline{p_{1,15}}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1}, \underline{p_{1,N-1}})$

となるように、ユーザデータビット8ごとに1個の第一のパリティビット(下線部参照)が付加される。

【0137】また、性能を優先させるために、符号化条件が第一の符号器31(1)及び第二の符号器31

(2)の双方からのパリティビット列 p_{1k} 、 p_{2k} を用いて符号化率8/9に対応するものであれば、結合器32はパリティビットの間引きを行なって、上記符号化データビット列 a_i が、

$a_i = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{M-2}, a_{M-1}) = (u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, \underline{p_{1,7}}, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, \underline{p_{2,15}}, \dots, u_{N-2}, u_{N-1}, \underline{p_{2,N-1}})$

となるように、ユーザデータビット8個ごとに1個の第一のパリティビットまたは第二のパリティビット(下線部参照)が付加される。

【0138】なお、図10、図12及び図17に示す例では、各符号化の条件(符号化率(パンクチャ条件)、符号器の構成(拘束長)、符号器の数)を表す検出パターンを記録媒体に記録するようにしたが、特にこのような記録パターンを記録しなくてもよい。この場合、リード系における反復復号器47での復号の条件を、例えば、復号データのエラーレートに基づいて順次変更させて、最もエラーレートが最小となる場合の復号データを最終的な復号データとして出力するようにすればよい。

【0139】また、上記各例は、データ記録再生装置

(光ディスク装置)について説明したが、ライト系の処理を必要としない例は、データ再生専用のデータ再生装置に適用することも可能である。

【0140】なお、本願発明を以下の通り付記として記す。

【0141】(付記1)ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号の手法に従って復号データを生成する際に、その反復復号の過程で使用される通信路値定数の値を制御する定数値制御手段を有するデータ記録再生装置。

【0142】(付記2)付記1記載のデータ再生装置において、上記定数値制御手段は、記録媒体の異なる書き込み手法にてデータの書き込みがなされた各領域からの再生信号を復号する際に、各領域に対して異なる値となるように上記通信路値定数の値を制御するようにしたデータ再生装置。

【0143】(付記3)付記1記載のデータ再生装置において、反復復号にて得られる復号データの誤りの状態を検出する誤り状態検出手段を有し、上記定数値制御手段は、該誤り状態検出手段による復号データの誤り状態の検出結果に基づいて上記通信路値定数の値を制御するようにしたデータ再生装置。

【0144】(付記4)ターボ符号化の手法に対応する反復復号の手法に従って記録媒体からの再生信号を復号して復号データを生成するデータ再生装置において、反復復号にて得られる復号データの誤りの状態を検出する誤り状態検出手段と、該誤り状態検出手段にて検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態か否かを判定する判定手段と、検出される復号データの誤りの状態が所定の符号訂正手法に従って訂正可能な状態であると上記判定手段にて判定されたときに、上記反復復号を停止させる復号制御手段とを有するデータ再生装置。

【0145】(付記5)ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成するリード系とを有するデータ記録再生装置において、ライト系により符号化データが記録された記録媒体からの再生信号に基づいてリード系が反復復号を行なって復号データを生成し、その生成された復号データの誤りの状態に基づいて上記符号化データの記録状態を検証するに際し、復号処理の回数を通常のデータ再生時の反復回数より少ない回数に制御する反復回数制御手段を有するデータ記録再生装置。

【0146】(付記6)ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを記録媒体に書込むライト系と、上記ターボ符号化の手法に対応した反復復号の手法に従って上記記録媒体からの再生信号に基づいて復号データを生成

するリード系とを有するデータ記録再生装置において、上記ターボ符号化の手法に従って符号化されたデータを生成する際に、リード系における反復復号でのデータの検出能力に影響を与える符号化の条件を制御する符号化条件制御手段を有するデータ記録再生装置。

【0147】(付記7)付記6記載のデータ記録再生装置において、上記符号化条件制御手段にて制御された符号化の条件を特定する情報を上記符号化されたデータと共に記録媒体に書込む符号化条件書込み制御手段を有するデータ記録再生装置。

【0148】上述した各実施の形態において、図6に示すコントローラ48の機能及びLc制御器50、図8に示すコントローラ48の機能は、それぞれ定数値制御手段に対応し、エラーレート計算器49は、誤り状態検出手段に対応する。

【0149】また、図15に示すコントローラ48の機能で、図16に示すステップS12での処理は、判定手段に対応し、図16に示すステップS13での処理が復号制御手段に対応する。

【0150】更に、図9に示すコントローラ48の機能及び反復回数制御器53は、反復回数制御手段に対応し、図10に示すコントローラ48及び結合器32の機能、図12に示すコントローラ48の機能、第一及び第二の符号器31(1)、31(2)及び選択回路36、図17に示す第一及び第二の符号器31(1)、31(2)、結合器32及びコントローラ48の機能が、それぞれ符号化条件制御手段に対応する。また、図10、図12及び図17に示す記録データ生成回路35は、符号化条件書込み制御手段に対応する。

【0151】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1乃至5記載の本願発明によれば、より適した符号化の条件や復号の条件にて記録媒体に対するデータの書込み及び読出しができるので、どのような記録媒体であっても、エラーの少ないデータ再生を行なうことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ターボ符号装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】ターボ符号装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図3】図1に示すターボ符号装置に対応する復号装置の構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の一形態に係るデータ記録再生装置を示すブロック図である。

【図5】図4に示すデータ記録再生装置における反復復号器の構成例を示すブロック図である。

【図6】データ記録再生装置におけるリード系の第一の構成例を示すブロック図である。

【図7】図6に示すリード系におけるコントローラでの

処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 8】データ再生装置におけるリード系の第二の構成例を示すブロック図である。

【図 9】データ再生装置におけるリード系の第三の構成例を示すブロック図である。

【図 10】データ記録再生装置におけるライト系の第一の構成例を示すブロック図である。

【図 11】記録媒体（光磁気ディスク）に記録されるデータフォーマットの一例を示す図である。

【図 12】データ記録再生装置のライト系の第二の構成例を示すブロック図である。

【図 13】図 12 に示すライト系における第一の符号器の構成例を示すブロック図である。

【図 14】図 12 に示すライト系における第二の符号器の構成例を示すブロック図である。

【図 15】データ記録再生装置におけるリード系の第四の構成例を示すブロック図である。

【図 16】図 15 に示すリード系におけるコントローラでの処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 17】データ記録再生装置におけるライト系の第三の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

3 1 符号器

3 1 (1) 第一の符号器

3 1 (2) 第二の符号器

3 2 結合器

3 3 インターリーバ

3 4 LD 駆動回路

3 5 記録データ生成回路

3 6 選択回路

3 7 インターリーバ

4 1 アンプ

4 2 AGC

4 3 ローパスフィルタ

4 4 等化器

4 5 アナログ・デジタル変換器 (A/D)

4 6 メモリユニット

4 7 反復復号器

4 8 コントローラ

4 9 エラーレート計算器

5 0 Le 制御器

5 1 メモリ

5 2 選択回路

5 3 反復回数制御器

4 7 1 PRチャネル復号器

4 7 2 デインターリーバ ($\pi 1^{-1}$)

4 7 3 分離器

4 7 4 コード復号器

4 7 5 結合器

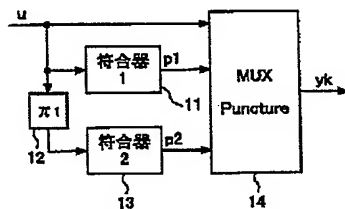
4 7 6 インターリーバ (π)

4 7 7 硬判定器

4 7 8、4 7 9 減算器

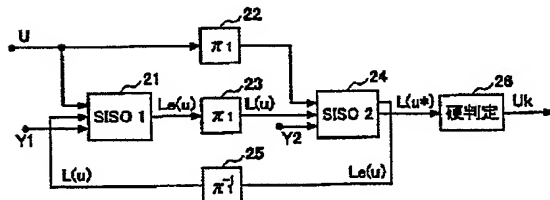
【図 1】

ターボ符号装置の構成例を示すブロック図



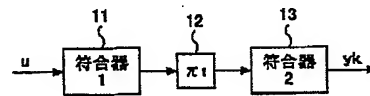
【図 3】

図 1 に示すターボ符号装置に対応する復号装置の構成例を示すブロック図



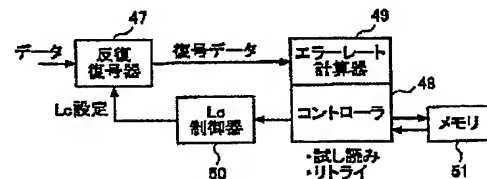
【図 2】

ターボ符号装置の他の構成例を示すブロック図



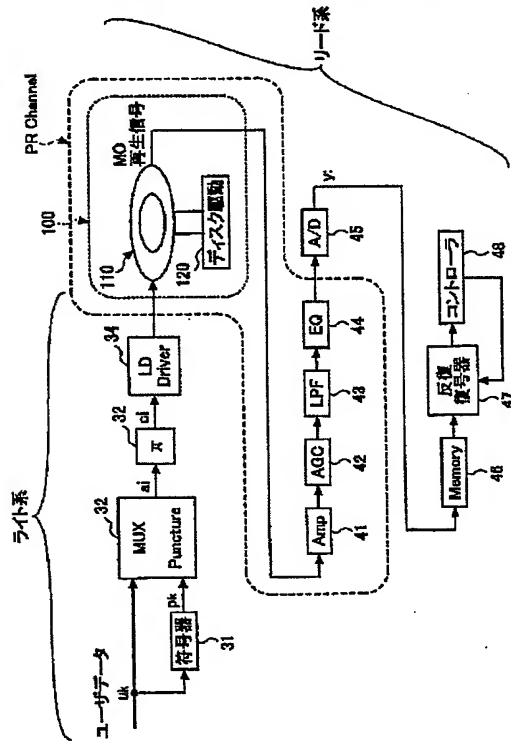
【図 6】

データ記録再生装置におけるリード系の第一の構成例を示すブロック図



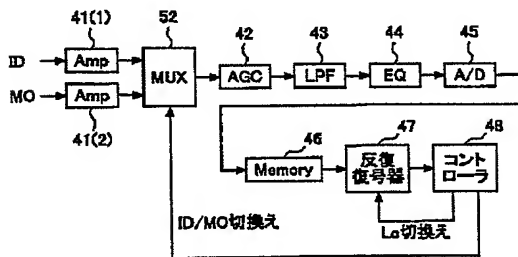
【図4】

本発明の実施の一形態に係るデータ記録再生装置を示すブロック図



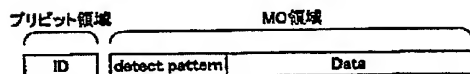
【図8】

データ再生装置におけるリード系の第二の構成例を示すブロック図



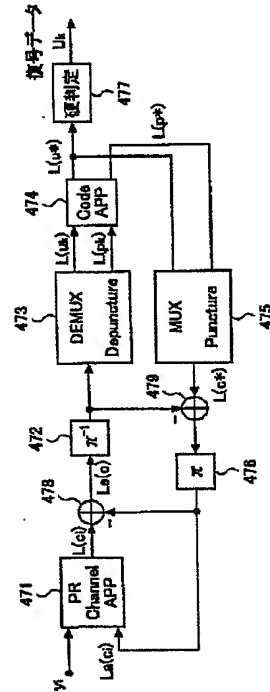
【図11】

記録媒体（光磁気ディスク）に記録されるデータフォーマットの一例を示す図



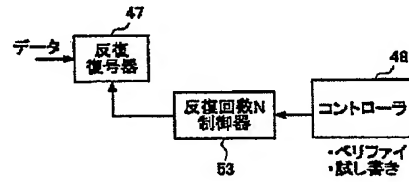
【図5】

図4に示すデータ記録再生装置における反復復号器の構成例を示すブロック図



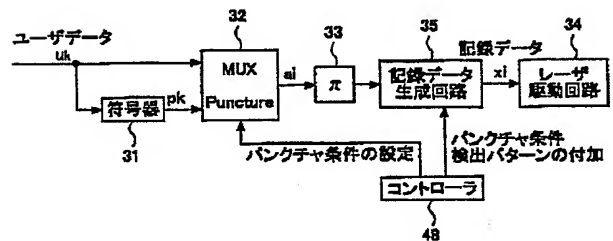
【図9】

データ再生装置におけるリード系の第三の構成例を示すブロック図



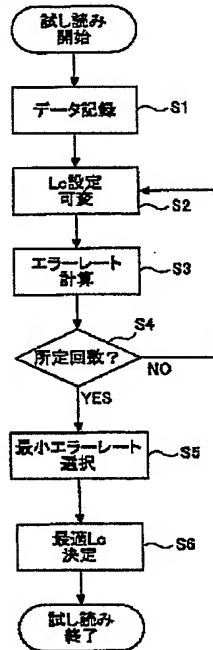
【図10】

データ記録再生装置におけるライト系の第一の構成例を示すブロック図



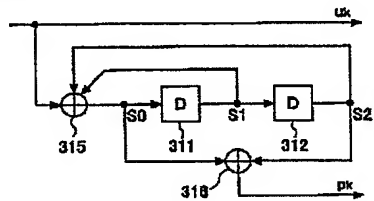
【図7】

図6に示すリード系におけるコントローラでの
処理手順の一例を示すフローチャート



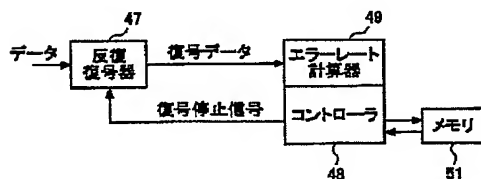
【図13】

図12に示すライト系における第一の符号器の
構成例を示すブロック図



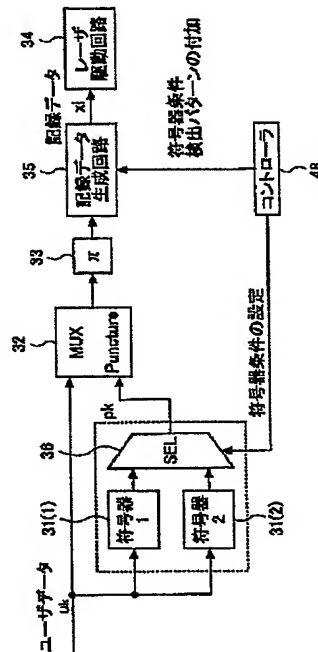
【図15】

データ記録再生装置におけるリード系の第四の
構成例を示すブロック図



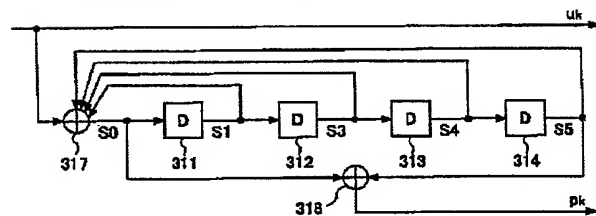
【図12】

データ記録再生装置のライト系の第二の構成例を
示すブロック図



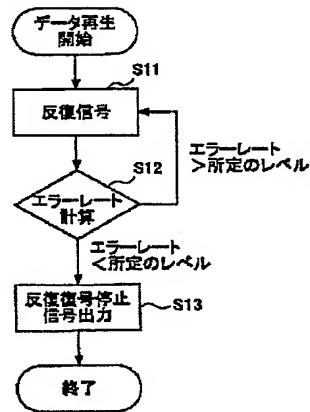
【図14】

図12に示すライト系における第二の符号器の
構成例を示すブロック図



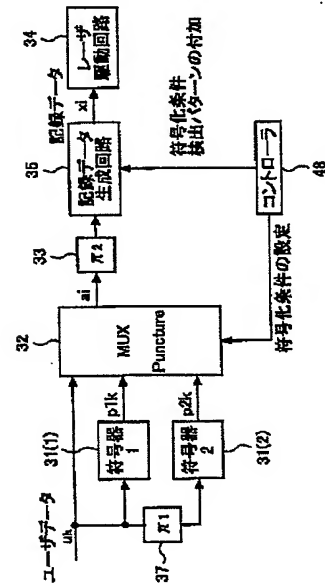
【図16】

図16に示すリード系におけるコントローラでの
処理手順の一例を示すフローチャート



【図17】

データ記録再生装置におけるライト系の第三の
構成例を示すブロック図



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
G11B 20/18
H03M 13/29

識別記号
572

F I
G11B 20/18
H03M 13/29

ターコード (参考)

572 C
572 F

Fターム(参考) 5D044 BC06 CC04 DE68 GL01 GL02
GL10
5D090 AA01 BB04 CC01 CC05 CC18
DD03 FF42 JJ12
5J065 AA01 AB01 AC03 AD01 AD10
AE06 AG06 AH09